Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die Silikatschmelzen

(IV. Mitteilung)

von

C. Doelter,
k. M. k. Akad.

(Mit 2 Tafeln und 6 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 5. April 1906.)

Durch Unterstützung der kaiserlichen Akademie war ich in die Lage versetzt, meine Untersuchungen fortzusetzen. Diese Mitteilung enthält 1. Untersuchungen über die Schmelzpunkte natürlicher Feldspate, 2. die Schmelzkurve der Augit-Labradoritmischungen, 3. Bestimmung eutektischer Punkte von Gemengen von zwei und drei Komponenten und Beobachtungen über Ausscheidungsfolge.

I. Die Schmelzpunkte der Feldspate.

Nirgends sind vielleicht die Unterschiede, die verschiedene Beobachter erhielten, so groß wie bei dieser Gruppe von Mineralien, was zum Teil damit zusammenhängt, daß der Begriff Schmelzpunkt von verschiedenen Forschern verschieden aufgefaßt wird. Der Punkt völliger Flüssigkeit liegt bei manchen 50 bis 100° höher als derjenige Punkt, bei welchem beide Phasen, flüssige und feste, noch vorhanden sind. Unterschiede zeigen sich selbstverständlich aus anderen Ursachen bei künstlichen und natürlichen Verbindungen.[1]

A. Day und E. T. Allen haben in einer Arbeit über Isomorphismus und thermische Eigenschaften[2] der Feldspate für

[1] Vergl. Die Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen, p. 5.

[2] Washington, 1905, und Zeitschrift für physik. Chemie, *54*, Heft I, 1906.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

die künstlich dargestellten Plagioklase ganz ungewöhnlich hohe Zahlen, die nämlich zwischen 1532° für Anorthit, 1463° für Labradorit und 1225° für Albit schwanken, gefunden. Ich verweise für die Details auf diese Arbeit.

Da ich nun sehr oft Messungen nach verschiedenen Methoden mit natürlichen Feldspaten unternommen und dabei viel niedrigere Temperaturen erhalten hatte, da ich ferner, auf eine zwanzigjährige Erfahrung gestützt, weiß, daß die Feldspate, wenigstens die natürlichen, nicht schwer schmelzen, denn ich habe alle in meinem Fourquignongasofen zum Schmelzen gebracht, in welchem ein beschickter Tiegel niemals mehr als den Schmelzpunkt des Nickels, zirka 1420°, erreichte, so war es mir von Interesse, den Grund der Abweichungen zu erfahren.

Vor allem ist allerdings hervorzuheben, daß ja a priori natürliche und künstliche Silikate nicht denselben Schmelzpunkt zu haben brauchen, worüber ich des weiteren verhandle.[1] Speziell die natürlichen Feldspate, auch wenn sie ganz rein sind, sind nicht isomorphe Mischungen von Albit, Anorthit allein, sondern sie enthalten auch das Orthoklassilikat $KAlSi_3O_8$ in kleinen Mengen. Auch die natürlichen Albite und Anorthite enthalten kleine Mengen des anderen Silikats und auch etwas Kalisilikat. Es genügt, auf die Handbücher von Rammelsberg und Hintze zu verweisen, um darzutun, daß eben die idealen Mischungen, wie sie künstlich darstellbar sind, in der Natur nicht vorkommen; wenn wir die reinsten natürlichen Feldspate untersuchen (es kann sich nur um Kristalle handeln), so finden wir oft neben K, Na, Ca auch in den Fällen wasserklarer Kristalle ohne Einschlüsse noch Spuren von Mg, Fe, die allerdings meist dann wohl so geringfügige sind, daß sie die Zusammensetzung kaum beeinflussen.

Hier wäre noch eine Bemerkung bezüglich des Ausdruckes »reines Material« zu machen. Ein Feldspat, der weder Eisen noch Magnesia enthält, kann jedenfalls als rein bezeichnet werden, auch wenn er Kali enthält. Denn dieser Gehalt an Kali zeigt keine Unreinheit an, sondern er zeigt, daß in der

[1] Die Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen, p. 15.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Natur jeder Plagioklas kalihaltig ist, weil eben die theoretischen Silikate, die wir aus den Formeln herausrechnen, in der Natur nicht existieren. Es ist eben in der Natur das Bestreben der Stoffe, isomorphe Mischungen zu bilden, sehr groß und kleine Mengen einer isomorphen (respektive isodimorphen) Verbindung sind jedem Stoffe beigemengt.

Welchen Einfluß haben nun die Beimengungen? Einschlüsse, welche in Feldspaten vorhanden sind, müssen den Schmelzpunkt erniedrigen. Nun enthalten manche auch gut und rein ausgewählte Kristalle doch noch immer Spuren von Fe, Mg; nehmen wir an, es sei in solchen Fällen eine Beimengung von $^1/_2\%$ eines Pyroxensilikats oder von Magnetit, so wird immerhin eine Erniedrigung des Schmelzpunktes erfolgen; nehmen wir an, der Schmelzpunkt beider, des einschließenden und eingeschlossenen Minerals, sei um 200° verschieden, so können wir eine erhebliche Erniedrigung durch jene kleinen Mengen kaum erhalten, weil nach den zahlreichen bisherigen Erfahrungen beim Zusammenschmelzen kristalliner Silikate bei geringen Mengen nur eine sehr geringe, in vielen Fällen oft kaum merkbare Differenz der Schmelzpunkte eintritt und erst bei größerer Beimengung die Schmelzpunktserniedrigung sich geltend macht. Eine große Schmelzpunktserniedrigung ergäbe sich also nur bei erheblicherer Beimengung und, falls etwa der eutektische Punkt zwischen den Einschlüssen Magnetit, Pyroxen einerseits und dem Feldspat andrerseits erreicht würde, was aber nie in Mischungen bei ganz vorherrschender Komponente eintritt, und auch hier wäre eine Erniedrigung von höchstens 30 bis 50° zu erwarten. Wir können daher die Differenzen von über 200° zwischen natürlichen und künstlichen Feldspaten nicht durch Einschlüsse erklären. Dasselbe gilt für kleine isomorphe Beimengungen, da ja bei isomorphen Mischungen die Schmelzpunktsveränderung dann annähernd proportional der beigemengten Molekularprozente erfolgt, also bei 1% Beimengung 2 bis 3° betragen würde.

Um nun zu prüfen, ob meine früheren Messungen, die ich in »Silikatschmelzen, I,« und in meiner Arbeit über Zusammenhang zwischen Schmelzpunkt und chemischer Zusammen-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

setzung angab, richtig sind, habe ich möglichst reine Plagioklase unter dem Mikroskop geschmolzen. Den Apparat beschrieb ich früher und verweise auf meine »Silikatschmelzen, I und II«.[1] Das Thermoelement berührt die Quarzschale und ich habe bei meinen letzten Messungen es so eingerichtet, daß die Lötstelle das Pulver berührt. Die Temperatur desselben kann vermittels eines besonders konstruierten Widerstandes durch beliebig lange Zeit auf 2° genau konstant erhalten werden.

Ich stellte außerdem zwei Galvanometer nebeneinander auf und schaltete bald auf das erste, bald auf das zweite um. Die Temperatur ließ ich regelmäßig und langsam ansteigen, so daß in 5 Minuten ein Temperaturanstieg von 5°, höchstens 10° eintrat. Wünschenswert wäre es allerdings gewesen, noch langsamer vorzugehen. Ich bemerke noch, daß die Temperaturen eher etwas zu hoch bestimmt sein können, da die Lötstelle des Thermoelementes sich am Rande des Quarzschälchens befand, wo die Temperatur zirka 10° höher ist als in der Mitte des Ofens.

Was die Genauigkeit der Messung selbst anbelangt, so glaube ich, daß sie hinter keinen anderen derartigen Messungen zurücksteht. Es wurden mehrere Thermoelemente und zwei Galvanometer (das eine von Kaiser und Schmidt, das andere von Siemens und Halske) verwendet und verglichen. Die Pyrometer waren von der physikalisch-technischen Reichsanstalt geeicht und außerdem habe ich sie mit dem Schmelzpunkt von reinem Gold verglichen.

Überdies habe ich bei vielen Versuchen immer wenigstens annähernde Vergleiche mit Legierungen von bestimmtem Schmelzpunkt gemacht und überall Übereinstimmung getroffen, ein Irrtum in den Messungen ist also ausgeschlossen.

Ich glaube daher, daß die Messung so genau als möglich war; das Galvanometer von Siemens und Halske zeigt 10° an und läßt Schätzungen von 2° zu. Im übrigen habe ich die Millivolt abgelesen und nach der für das Thermoelement von der physikalischen Reichsanstalt gelieferten Tabelle berechnet. Angegeben habe ich hier bei den Versuchen nur die

[1] Diese Sitzungsberichte, Bd. 113 (1904).

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Temperaturen. Ich will übrigens gerne zugeben, daß bei allen derartigen Messungen sogar Fehler von $\pm 10°$ möglich sind und daß ja bei allen Methoden (auch bei der von Day und Allen angewandten thermischen Methode) verschiedene Teile des zu schmelzenden Körpers verschiedene Temperaturen haben dürften. Doch werden die Differenzen bei kleinen Mengen sehr geringe sein, während allerdings in einem großen Tiegel leicht solche von $\pm 20°$ denkbar sind. Aber alle diese Fehler sind doch verhältnismäßig gering gegenüber der Schwierigkeit, den Schmelzpunkt wahrzunehmen; die geringste Schwierigkeit bietet aber dafür die mikroskopische Methode.

Es ist bei natürlichen Feldspaten meistens nicht möglich, die thermische Methode anzuwenden, weil dazu größere Mengen von Material gehören und solche in reinem Zustande nicht zu beschaffen sind; möglich wäre das nur mit Albit und Orthoklas; da aber bereits Day und Allen zeigten, daß ein Temperaturstillstand bei dem Schmelzen dieser Silikate nicht eintritt, so ist eine Wiederholung überflüssig. Für Labradorit und Anorthit waren größere reine Mengen nicht zu beschaffen, während dies bei der mikroskopischen Untersuchung leicht möglich ist, da dazu nur winzige Mengen nötig sind, die rein herstellbar sind.

Was nun die hohen Schmelzpunkte anbelangt, die Day und Allen gefunden haben, so beziehen sie sich auf künstliche Feldspate, aber die kleinen isomorphen Beimengungen können 200° Differenz nicht erklären. Es wäre noch denkbar, daß hier eine Art Dimorphie vorliegt,[1] oder aber, daß die kleine Wärmetönung, die jene Autoren allerdings nur bei Anorthit und Bytownit wahrnahmen, erst bei vollständiger Flüssigkeit eintritt. (Es ist auch noch nachzuweisen, ob über 1300° die durch Extrapolation erhaltenen Daten noch zuverlässig sind.)

In einer anderen Abhandlung habe ich auch darauf hingewiesen, daß bei vielen Silikaten, zu denen auch die Feldspate gehören, die thermische Methode nicht verläßlich ist, was Day und Allen bestätigen. Sie sagen:[2]

[1] Siehe meine gleichzeitig erscheinende Arbeit »Über die Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen«.

[2] Zeitschrift für physik. Chemie, *53*, 24 (1906).

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

»Der Schmelzpunkt ist nicht durch eine konstante Temperatur gekennzeichnet.« Bei Ab_3An_1 war er schwer erkennbar, bei Ab_4An_1 war jede Spur von einer Schmelzwärme verloren. Nur bezüglich des Anorthits trat das nicht ein, aber auch hier sagen sie, »daß eine merklich konstante Temperatur für die Zeit einer Minute nirgends zu finden ist«.

Ich ziehe daher aus den Arbeiten von Day und Allen den Schluß, daß die von ihnen aufgestellten Schmelzpunkte doch nur berechnete sind, da sie ja selbst hervorheben, daß die Zeit-Temperaturkurven keinen horizontalen Teil zeigen.

Ich muß mich hier gegen eine Bemerkung von O. Mügge gelegentlich eines Referates im Zentralblatt für Mineralogie etc., 1906, Nr. 4, wenden; er meint: »Die Schmelzpunkte der Plagioklase von C. Doelter sind durch die von Day und Allen zu ersetzen.« Urteil darüber hat nur der, der solche Versuche selbst gemacht hat, und falls Mügge dann finden wird, daß meine Schmelzpunkte unrichtig und die anderen richtig sind, wird er zu jenem Ausspruch berechtigt sein.

Der Schmelzpunkt des Albits ($NaAlSi_3O_8$) vom Rhônetal.

Für Albit hatte ich den Anfang des Schmelzens mit 1130° und als den Punkt der vollkommenen Umwandlung in die amorphe Phase 1160 bis 1170° gefunden.[1] Spätere wiederholte Versuche nach verschiedenen Methoden ergaben zirka 1160° als Schmelzpunkt, doch ist der Flüssigkeitsgrad bei dieser Temperatur noch sehr gering und erst über 1200° tritt merkliche Flüssigkeit ein.

Ich habe nun den Vorgang des Schmelzens unter dem Mikroskop verfolgt, wobei Kristallpulver während des ganzen Vorganges beobachtet wurde und die Erhitzung sehr langsam erfolgte, und zwar zirka $1^1/_2$ Stunden von 1150 bis 1220°; einer Erhitzung von 5° entsprechen zirka 6 Minuten Zeit.

Man kann dabei die Vorgänge sehr genau beobachten, die Abrundung der eckigen Kristallbruchstückchen, die Verflüssigung, das Ineinanderfließen von Tropfen sehen. Als

[1] Tschermak's Mineralog. und petrogr. Mitt., XXII, 298 (1903).

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Resultat der Beobachtung ergibt sich, daß der Schmelzprozeß, wie auch aus meinen früheren Versuchen bereits hervorging, ein sehr langsamer ist und daß man hier von einem plötzlichen Schmelzen nicht sprechen kann, sondern von einem allmählichen; ein scharfer Schmelzpunkt existiert nicht.

Eine Hauptbedingung, welche nun von allen Beobachtern nicht immer eingehalten zu werden scheint, ist langsames Erhitzen und die Beobachtung wird um so genauer sein; je langsamer das Erhitzen vor sich geht, desto genauer sind die Resultate.

Zeit	Temperatur	Beobachtung (vergl. Fig. 1)
$4^h\ 20^m$	1135°	Kleine Veränderung an den Kanten.
$4^h\ 30^m$	1140°	
$4^h\ 35^m$	1150°	Es beginnen die Kristallbruchstücke an vielen Stellen sich abzurunden.
$4^h\ 40^m$	1155°	Die Ecken verschwinden, die scharfen Kanten runden sich ab.
$4^h\ 45^m$	1160°	Die Kristallbruchstücke nehmen Kugelform an, einzelne getrennte Bruchstücke vereinigen sich.
$4^h\ 50^m$	1165°	Es bilden sich Gasporen in der flüssigen Masse.
$4^h\ 55^m$	1175°	Kleinere Bruchstücke vereinigen sich zu großen Tropfen.
5^h	1180°	Die Tropfen werden flüssiger, weniger viskos.
$5^h\ 10^m$	1190°	Die Tropfen werden durchsichtig und flüssiger.
$5^h\ 15^m$	1195°	
$5^h\ 20^m$	1200°	Fast alles ist flüssig.
$5^h\ 25^m$	1205°	Die Tropfen fließen zusammen.
$5^h\ 30^m$	1215°	Alles ist flüssig.

Bei 1135° ist daher der Beginn der Veränderung wahrzunehmen, bei 1160° haben wir bereits nur wenig Festes mehr, bei 1175° ist alles umgewandelt und bei 1200° ist fast alles flüssig; bei 1215° ist die Flüssigkeit sehr wenig viskos. Der Beginn des Schmelzens ist also 1135°, der Punkt, bei dem alles flüssig ist, 1210° und derjenige, bei welchem beide Phasen vorhanden sind, 1160 bis 1170°, was mit meinen früheren Beobachtungen übereinstimmt. Demnach hat Albit keinen scharfen Schmelzpunkt.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Hiebei ist zu bemerken, daß der jetzt zur Untersuchung verwendete Albit kleine Mengen von Ca (nämlich 0·50%), daher kleine Mengen Anorthitsilikat enthält; da dieses den Schmelzpunkt erhöht, so wäre der des theoretischen Albits $NaAlSi_3O_8$, der in der Natur nicht existiert, noch etwas niedriger. Albit wird amorph, ohne dünnflüssig zu werden, was auch Day und Allen beobachteten, ebenso wie ich früher. Sie glauben,[1] daß »hier kristallinische Stoffe vorliegen, welche nicht nur über längere Zeitperioden bei Temperaturen weit oberhalb ihres Schmelzpunktes erstarren können, sondern welche mit äußerster Langsamkeit in dem unteren Teile dieses Instabilitätsbereiches schmelzen«.

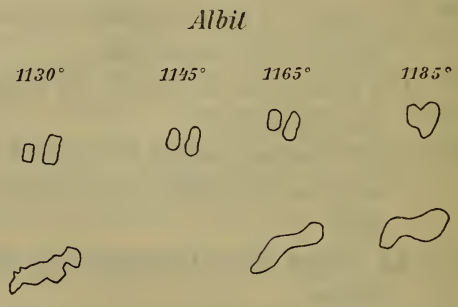

Fig. 1.
Veränderungen bei Albitbruchstücken.

Bezüglich des Albits bemerkten sie,[2] daß bis 1200° »auch noch Gruppen von Kristallfragmenten von mikroskopischer Größe, die ihre ursprüngliche Orientierung vollständig bewahrt hatten, dazwischen schmale Streifen von Glas,...«

»Es hatte beträchtliches Schmelzen stattgefunden, aber kein Fließen.«

»Mitchell C°-Albit zeigte Spuren des Schmelzens nach 4 Stunden bei 1100°, bei 1125° gab ein vierstündiges Erhitzen unverkennbar Glas.«

»Es würde sicher keine Übertreibung sein, zu sagen, daß Albit einige Wochen brauchen würde, um den amorphen Zustand zu erreichen, wenn die Temperatur konstant auf 1125° erhalten würde.«

---

[1] L. c., p. 34.

[2] Zeitschrift für physik. Chemie, *54*, 30.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Es stimmen also die von Day und Allen hervorgehobenen Tatsachen mit jenen überein, auf welche ich in früheren Arbeiten aufmerksam machte; ihr erster Punkt, bei welchem das Schmelzen beginnt, ist sogar etwas unter jenem gelegen, den ich fand, nämlich 1130°. Es ist mir aber nicht klar, warum jene Autoren trotz der eben angeführten Daten und Meinungen schließlich den Schmelzpunkt des Albits auf 1225° ansetzen, da sie ja für das Zusammensein fester und flüssiger Phase viel niedrigere Zahlen erhielten, und gerade der letztzitierte Ausspruch würde eher 1125° als Schmelzpunkt ergeben.

Welches ist nun der Schmelzpunkt des Albits, ist es der Punkt, bei dem die ersten Anzeichen des beginnenden Schmelzens eintreten, oder der Punkt der Verflüssigung? Daß diese beiden Punkte auseinanderzuhalten sind, habe ich schon vor mehreren Jahren behauptet.[1] Nimmt man den ersten Punkt an, so müßte er, falls man den Körper bei jener Temperatur durch viele Stunden (eventuell Tage) belassen würde, schließlich flüssig werden.

Ich glaube aber, daß er bei dieser Temperatur nicht flüssig, wohl aber isotrop wird, ohne seine große Viskosität zu verlieren, und deshalb habe ich schon damals jenen Punkt den Umwandlungspunkt in die isotrope Phase genannt. Die Eigenart des Albits und vieler anderer Silikate, die sich ähnlich verhielten wie die meisten Feldspate, Nephelin, Leucit, ist es also, glasig zu werden, ohne eigentlich flüssig zu sein. Der Flüssigkeitsgrad ist daher mehr eine sekundäre Erscheinung und besser noch als bei Albit sehen wir bei Leucit, daß dieser erst bei 1400° flüssig wird, obgleich er schon längst glasig-isotrop geworden ist.

Was nun diese erwähnte Eigenschaft des Albits (und, wie ich hinzufüge, auch vieler anderer Silikate) anbelangt, so deuten sie Day und Allen als eine Überschreitung des Schmelzpunktes, d. h. diese Körper können über ihren Schmelzpunkt erhitzt werden. Ich glaube, daß dies aber doch nur scheinbar

[1] Mineralog.-petrogr. Mitteilungen, herausgegeben von G. Tschermak, Wien 1901.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

der Fall ist; infolge der geringen Schmelzgeschwindigkeit stellt sich das Gleichgewicht sehr langsam ein.

Man kann aber sagen, daß solche Körper überhaupt keinen Schmelzpunkt haben, denn der erste untere Punkt ist doch nur der Beginn des Schmelzens und selbst bei mehrstündigem Verharren auf diesem Punkte war der Albit zum allergrößten Teil noch fest. Immerhin ist das Temperaturintervall, bei welchem feste und flüssige Phase auch bei sehr langsamem Erhitzen nebeneinander verharren können, noch ein großes und dies ist eine Folge der großen Viskosität dieser Stoffe, welche die geringe Schmelzgeschwindigkeit zur Folge hat. Auch die Erstarrungsgeschwindigkeit ist eine sehr geringe und, weil infolge der Viskosität diese fast Null ist, bilden sich keine Kristalle. Wie ich schon in früheren Arbeiten gezeigt habe, liegt der Verflüssigungspunkt, das Abnehmen der Kohäsion, viel höher als der Schmelzpunkt.

Es wäre nun zu untersuchen, z. B. bei künstlichem Labrador oder Anorthit, ob die Wärmeabsorption in dem Moment des Flüssigwerdens eintritt oder früher, wenn die kristallisierte Phase amorph-zähflüssig wird; bei den meisten Feldspaten scheint sie allmählich, wie auch der Schmelzverlauf sich einzustellen.

Wir haben also bei den Feldspaten. insbesondere bei den stark viskosen, doch ein Pseudogleichgewichtsgebiet, bei welchem feste und flüssige Phase nebeneinander koëxistieren, und wenn ein Schmelzpunkt in diesem theoretisch angenommen wird, so ist die Umwandlungsgeschwindigkeit der festen Phase in die flüssige eine äußerst geringe. Zwischen Dissoziation und dem abnormen Schmelzverhalten existiert jedenfalls ein Zusammenhang, es tritt während des Schmelzens Zerfall im Komponenten ein.

Oligoklas von Bakersville (vergl. Fig. 2).

Folgendes sind die erhaltenen Daten, wobei die Millivolt gleich in Temperaturgrade umgerechnet sind:

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$4^h\ 10^m$	1170°	Beginn des randlichen Schmelzens, kaum merkliche Umwandlung an den Rändern.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$4^h\ 20^m$	1175°	Fortsetzung der randlichen Veränderung.
$4^h\ 25^m$	1185°	Deutliche allgemeine Veränderung an den Rändern.
$4^h\ 30^m$	1195°	Zusammenfließen.
$4^h\ 35^m$	1200°	»
$4^h\ 38^m$	1205°	Einige ganz flüssige Teile treten auf.
$4^h\ 40^m$	1210°	Trennung früher vereinigter Teile. Vieles ist schon flüssig.
$4^h\ 45^m$	1220°	
$4^h\ 50^m$	1225°	Der größte Teil ganz flüssig.
$4^h\ 55^m$	1228°	Die Schmelze wird dünnflüssiger und durchsichtig.
$5^h\ 0^m$	1235°	Die meisten Teile durchsichtig und schon flüssiger.
$5^h\ 5^m$	1240°	Feste Teile sind keine mehr vorhanden.
$5^h\ 10^m$	1250°	Alles ziemlich flüssig und weniger viskos.

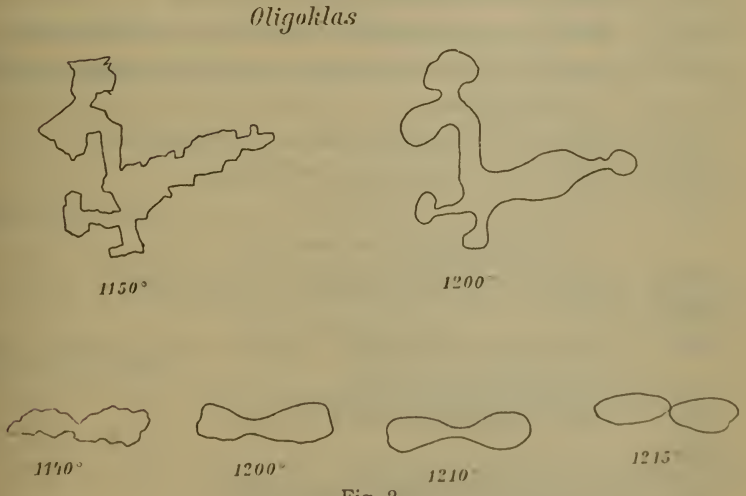

Fig. 2.
Veränderungen bei Oligoklaspulver.

Demnach würde der Beginn des Schmelzens bei 1170° eintreten. Bei 1200° wäre ungefähr gleich viel Flüssiges und Festes vorhanden. Bei 1240° ist alles flüssig.

Diese Daten stimmen mit meinen früheren Beobachtungen recht gut überein; da hier sehr reines Material vorlag, so ist

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

der Schmelzpunkt etwas höher, natürlich ist auch die Methode etwas genauer.

Plagioklas der Labradoritreihe von der Szuligata (Siebenbürgen).

Dieser Plagioklas hat die Zusammensetzung:

SiO_2 . . . . . 55·52
Al_2O_3 . . . . . 28·93
CaO . . . . . 9·95
Na_2O . . . . . 5·01
K_2O . . . . . 0·28.

Es war möglich, sehr reine Teilchen zur Untersuchung zu erhalten.

Unter dem Mikroskop ergibt sich folgendes (vergl. auch Fig. 3):

Temperatur	Beobachtung
1180°	Kleine Veränderung an den Kanten.
1185°	Kleine, unbedeutende Abrundung scharfer Ecken.
1195°	Randliche Umwandlung. Anschmelzen benachbarter Bruchstücke.
1200°	Weiterer Fortschritt in dem Anschmelzen.
1210°	Deutliche Abrundung der Kanten.
1215°	Die meisten Bruchstücke sind abgerundet; Zusammenschmelzen derselben.
1225°	Stärkeres Zusammenfließen der Ränder.
1230°	
1250°	Zähflüssiger Zustand; einzelne Bruchstücke sind ganz geschmolzen.
1260°	Viele Bruchstücke sind flüssig.
1265°	
1270°	Die Tropfen fließen zusammen.
1280°	Das Ganze ist flüssig, durchsichtig.
1290°	Die Tropfen sind dünnflüssig.

Der Plagioklas von der Szuligata gehört zwar schon der Labradoritreihe an, steht aber doch dem Andesin sehr nahe, da er zwischen Ab_1An_1 und Ab_3An_4 ungefähr Ab_9An_{10} entspricht; sein Schmelzpunkt liegt zwischen 1185 und 1275°

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Veränderungen bei Labrador

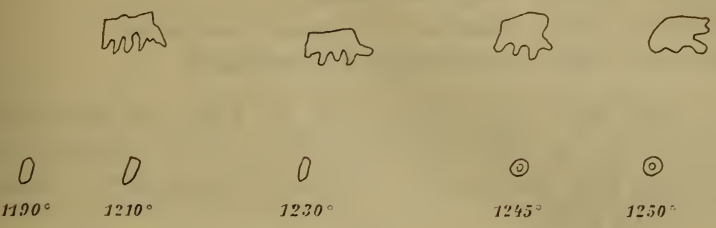

Fig. 3.

und dürfte der Punkt, bei dem gleiche Mengen flüssiger und fester Phase vorhanden sind, bei 1225° liegen. Der Unterschied gegen den Oligoklas von Bakersville ist merklich.

Labradorit von Labrador (vergl. Tafel I).

Es wurde ein Kristall ausgesucht, der von Einschlüssen möglichst frei war. Die mikroskopische Untersuchung ergab, daß an manchen Stellen die bekannten Einschlüsse vorhanden waren, während andere daran arm sind; diese wurden zur Untersuchung herangezogen. Die Analyse des Labradorits ergibt, daß er ungefähr der Mischung Ab_2An_3 entspricht.

Es wurde das Pulver wie früher unter dem Mikroskop erhitzt.

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$11^h\ 20^m$	1185°	Beginn des Schmelzens; unbedeutende randliche Veränderung.
$11^h\ 25^m$	1190°	
$11^h\ 30^m$	1210°	Einzelne Körner runden sich deutlich ab.
$11^h\ 35^m$	1215°	
$11^h\ 40^m$	1220°	Deutliche Bildung einzelner Tropfen; die Hauptmasse ist noch wenig verändert.
$11^h\ 45^m$	1225°	Größere Bruchstücke fangen an zu schmelzen.
$11^h\ 55^m$	1230°	Am Rande ist alles rundlich, aber einzelne Teile sind noch unversehrt.
$12^h\ 0^m$	1240°	
$12^h\ 5^m$	1245°	Einzelne Teile ganz flüssig.
$12^h\ 10^m$	1250°	Der größte Teil ist ganz flüssig.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$12^h\ 15^m$	1260°	Fast alles flüssig.
$12^h\ 20^m$	1270°	Alles ist in Tropfen geschmolzen.
$12^h\ 25^m$	1290°	Alles ziemlich dünnflüssig.

Man kann daher sagen, daß bei 1185° der Schmelzfluß beginnt und bei 1260° alles amorph ist; der Schmelzpunkt, bei welchem feste und flüssige Phase noch gleichmäßig vorhanden sind, wäre 1220°.

Bei der Abkühlung bilden sich die ersten Kristalle bei 1200°, die Kristallbildung dauert bis 1150° an.

Gegenüber dem Labradorit der Szuligata ergibt sich daher fast kein Unterschied, trotzdem der erstere mehr Na enthält; dies dürfte dem Umstande zuzuschreiben sein, daß der Labradorit von Labrador weniger rein war.

Den Labradorit von Kiew hatte ich früher untersucht und den Schmelzbeginn mit 1160° und unter dem Mikroskop den eigentlichen Schmelzpunkt mit 1215° bestimmt; bei 1230° war alles glasig, aber sehr zähflüssig. Dieser Labradorit hat den niedersten Schmelzpunkt, was davon herrühren dürfte, daß er am meisten verunreinigt ist; ich habe ihn daher in die Tabelle, p. 21, nicht einbezogen, da er eisenhaltig ist.

Man sieht daher, daß die drei Labradorite sehr gut übereinstimmen bezüglich ihrer Schmelzpunkte. Die von Allen und Day gefundenen Punkte können sich nicht auf natürlichen Labradorit beziehen, denn kleine Beimengungen haben nach den Erfahrungen beim Zusammenschmelzen von Kristallgemengen doch nur geringen Einfluß und derartige minimale Verunreinigungen können vielleicht den Schmelzpunkt um 20 bis 50° herunterdrücken, nicht aber um 200°.

Schmelzpunkt des Anorthits.

Den Schmelzpunkt des Anorthits habe ich wiederholt bestimmt, doch gelang es mir bisher nicht, reines Material zu erhalten. Die Bestimmung geschah bisher im Horizontalofen, die, wie ich früher ausführte, nicht so genau ist, daher hatten anfängliche Bestimmungen sogar etwas unter 1200° ergeben. Später gelang es mir, für nicht ganz reinen Anorthit vom Vesuv

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

1230°, für solchen von Pizmeda 1250 bis 1260° und für den vom Mijakeshima (Japan) zirka 1290° zu bestimmen. Da jedoch die Bestimmungen entweder im Horizontalofen oder im Vertikalofen mit größeren Mengen gearbeitet werden mußten, war reines Material in solchen Mengen nicht zu beschaffen gewesen. Nur die mikroskopische Methode erlaubt dies, da es schließlich nicht schwer ist, einen kleinen reinen Kristall oder ein reines Kristallbruchstück zu erhalten, während die anderen Methoden größere Mengen erfordern.

Day und Allen erhielten für künstlichen Anorthit die Temperatur 1534°, Brun für denselben 1490°.

Aus diesen Daten geht hervor, daß der künstliche Anorthit einen weit höheren Schmelzpunkt haben muß als der natürliche. Ich habe nun bei neuerlicher Untersuchung durch die mikroskopische Methode folgende Daten erhalten.

1. Anorthit vom Vesuv (vergl. Tafel II).

Es diente dazu ein kleines wasserhelles Bruchstück, dessen mikroskopische Untersuchung keine Einschlüsse verriet und welches bei mikroskopischer Methode weder Na noch Mg ergab. Es darf daher der Anorthit, soweit bei Mineralien möglich, als rein betrachtet werden.

Zeit	Temperatur	Verhalten des Pulvers
$10^h\ 20^m$	1220°	Unverändert.
$10^h\ 25^m$	1230°	»
$10^h\ 30^m$	1250°	Einzelne Teilchen am äußeren Rande der Quarzschale zeigen Veränderung.
$10^h\ 35^m$	1260°	Bereits merkliche Veränderung der Umrisse.
$10^h\ 40^m$	1270°	
$10^h\ 45^m$	1270°	Stärkere Veränderung der Ränder.
$10^h\ 55^m$	1280°	
11^h	1290°	Einzelne Teilchen schmelzen ganz.
$11^h\ 5^m$	1295°	Zusammenfließen von Bruchstücken; Tropfenbildung.
$11^h\ 10^m$	1295°	Viele Teile sind flüssig, durchsichtig.
$11^h\ 15^m$	1300°	Dasselbe Bild, aber noch feste unveränderte Teile.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Zeit	Temperatur	Verhalten des Pulvers
$11^h\ 20^m$	1310°	Die Ränder der Bruchstücke sind ganz verändert und rund.
$11^h\ 25^m$	1310°	Starke Tropfenbildung.
$11^h\ 30^m$	1315°	Nur wenig feste Teile mehr.
$11^h\ 35^m$	1320°	Fast alles flüssig.
$11^h\ 40^m$	1325°	
$11^h\ 45^m$	1330°	Alles flüssig und zum Teil fließend.
$11^h\ 50^m$	1345°	Deutliches Fließen einer viskosen Flüssigkeit.

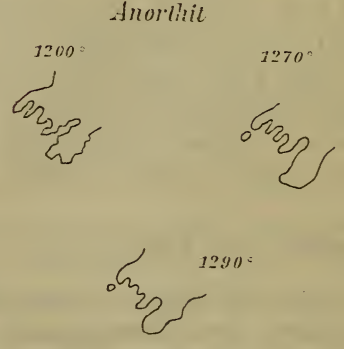

Fig. 4.
Veränderungen von Anorthitpulver.

Daraus schließe ich, daß der Schmelzpunkt, nämlich der Punkt, bei welchem feste und flüssige Phase auch gleichmäßig vorhanden sind, bei zirka 1290° liegt, was mit früheren Bestimmungen gut übereinstimmt. Der Beginn des Schmelzens liegt bei 1250°, der Punkt, bei dem alles amorph ist, bei 1330°.

Was die Viskosität anbelangt, so ist bei 1330° jedenfalls nur Zähflüssigkeit vorhanden und dürfte, wie mir auch frühere Versuche ergaben, die Dünnflüssigkeit erst über 1360° beginnen, was mit meinen früheren Beobachtungen übereinstimmt. Es ist auch denkbar, daß sie vielleicht sich erst bei 1500° einstellt und daß die Bestimmungen, welche jene Temperatur ergaben, sich auf die Dünnflüssigkeit beziehen. Glasig, zähflüssig und amorph wird Anorthit sicher bei 1330°.

Erstarrung des Anorthits. Bei der ziemlich raschen Abkühlung von 1340 bis 1220° innerhalb 10 Minuten ergab sich, daß die ersten Kristalle sich bei etwa 1240 bis 1250°

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

bildeten; doch war die Hauptausscheidung bei 1230°, nach 1215° war keine Kristallbildung mehr zu beobachten, demnach bilden sich Kristalle hier in keinem sehr großen Intervalle. Die erstarrte Masse war aber nur halbkristallin und mit Glas vermengt und die Kriställchen sind sehr winzig, so daß die Kristallisationsgeschwindigkeit vielleicht nicht so groß ist wie bei Labradorit.

2. Anorthit von Mijakeshima (Japan).

Dieser Anorthit bildet große Kristalle und enthält große Olivinkörner; es war aber möglich, einzelne kleine Bruchstücke zu erhalten, die frei von Einschlüssen waren. Die chemische Prüfung auf Mg und Fe ergab, daß das Pulver weder Eisen noch Magnesium enthält, doch war eine Spur von K vorhanden. Leider kenne ich keine Analyse dieses Anorthits.

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$10^h\ 0^m$	1235°	Keine Veränderung.
$10^h\ 5^m$	1245°	» »
$10^h\ 10^m$	1250°	Kleine Veränderung, Beginn des randlichen Anschmelzens.
$10^h\ 15^m$	1260°	Sehr feiner Staub beginnt flüssig zu werden.
$10^h\ 20^m$	1265°	Die Umrandungen beginnen sich zu runden.
$10^h\ 25^m$	1270°	Starke Veränderung des Gesamtbildes, insbesondere an den Rändern der Schale.
$10^h\ 30^m$	1280°	Gewisse Teile des Pulvers trennen sich und schmelzen.
$10^h\ 35^m$	1290°	Einzelne Teile deutlich flüssig.
$10^h\ 40^m$	1295°	
$10^h\ 50^m$	1295°	Fortschritte der Verflüssigung.
$11^h\ 0^m$	1305°	Ein großer Teil schmilzt.
$11^h\ 5^m$	1305^m	» » » »
$11^h\ 10^m$	1310°	Das meiste schon flüssig.
$11^h\ 15^m$	1320°	Die Flüssigkeit wird etwas durchsichtiger.
$11^h\ 20^m$	1325°	Eckige Bruchstücke sind verschwunden.
$11^h\ 25^m$	1330°	
$11^h\ 30^m$	1335°	Fast lauter Tropfen, keine feste Phase mehr vorhanden.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$11^h\ 35^m$	1340°	Die Flüssigkeit ist stark durchsichtig, aber noch zähe.
$11^h\ 40^m$	1340°	
$11^h\ 50^m$	1350°	
$12^h\ 0^m$	1360°	Kleine benachbarte Tropfen vereinigen sich an einigen Stellen.
$12^h\ 5^m$	1370°	Abnehmen der Zähigkeit der Flüssigkeit.

Bei der Abkühlung, welche ziemlich rasch vor sich ging, da die Temperatur von 1290 bis 1160° in 10 Minuten fiel, bildeten sich bei 1240° die ersten Kristalle, bei etwa 1200° die letzten; doch war der glasige Anteil stark vorwiegend und die Kristallmikrolithen sehr klein.

Der Schmelzpunkt wäre demnach zwischen 1255 und 1335° und der Punkt, in dem beide Phasen gleichmäßig vorhanden sind, ist 1310°. Bei 1370° ist ein Abnehmen der Viskosität merklich.

3. Zweiter Versuch mit Anorthit von Mijakeshima.

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$4^h\ 5^m$	1250°	Keine Veränderung.
$4^h\ 10^m$	1255°	Ganz geringe Abrundung einzelner Bruchstücke.
$4^h\ 15^m$	1260°	Stärkere randliche Veränderung.
$4^h\ 20^m$	1270°	» » »
$4^h\ 25^m$	1275°	Die eckigen Umrisse sind zumeist verschwunden.
$4^h\ 30^m$	1280°	Es bilden sich Tropfen.
$4^h\ 35^m$	1290°	
$4^h\ 40^m$	1295°	Die Tropfenbildung nimmt zu.
$4^h\ 45^m$	1305°	Alles ist rundlich begrenzt.
$4^h\ 50^m$	1310°	Einzelne Tröpfchen werden durchsichtig; nicht viel feste Teile mehr.
$4^h\ 55^m$	1310°	Keine Veränderung.
$5^h\ 0^m$	1320°	Manche Tröpfchen sind durchsichtig und zähflüssig.
$5^h\ 5^m$	1330°	Keine festen Teile mehr.
$5^h\ 10^m$	1340°	Alles zähflüssig in Tropfen.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$5^h\ 15^m$	1345°	Die Durchsichtigkeit nimmt zu.
$5^h\ 20^m$	1355°	Die Tropfen fließen stellenweise zusammen.
$5^h\ 25^m$	1360°	Die Durchsichtigkeit und der Flüssigkeitsgrad sind stark bemerkbar.
$5^h\ 30^m$	1370°	

Demnach beginnt die Abrundung bei 1260° und bei 1340° ist alles tropfbar-zähflüssig; bei 1300° waren beide Phasen noch gleichmäßig vorhanden. Es zeigt sich also große Übereinstimmung bei den beiden Versuchen. Anorthit von Mijakeshima hat einen Schmelzpunkt, der den des Anorthits vom Vesuv um zirka 10° übersteigt.

Die Erstarrung von 1360 bis 1210° wurde in der Zeit von 25 Minuten durchgeführt. Die ersten Kristalle bilden sich bei 1270°, doch findet stärkere Kristallbildung zwischen 1255 und 1240° statt, bei 1220° wurde noch Abscheidung bemerkt, bei 1210° ist alles fest.

Leucit vom Monte Somma.

Dieser Leucit wurde, soweit möglich, durch Ausklauben der Beimengungen und durch Behandlung mit dem Elektromagneten gereinigt. Unter dem Mikroskop sieht man keine Einschlüsse mehr.

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$5^h\ 10^m$	1285°	Keine Veränderung.
$5^h\ 15^m$	1295°	Ganz unbedeutende Veränderung an den Kanten.
$5^h\ 20^m$	1300°	Randliche Veränderung an den Kanten.
$5^h\ 25^m$	1310°	
$5^h\ 30^m$	1320°	Weitere Umwandlung, starke Abrundung der Bruchstücke.
$5^h\ 35^m$	1330°	Einzelne Bruchstücke sind bereits flüssig.
$5^h\ 37^m$	1340°	Zusammenfließen kleiner Teilen.
$5^h\ 40^m$	1345°	Größere Teile sind flüssig.
$5^h\ 50^m$	1350°	Der größte Teil tropfenartig, keine scharfen Kanten mehr sichtbar.
$5^h\ 55^m$	1355°	Fast alles zähflüssig, die Tropfen vereinigen sich.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Zeit	Temperatur	Beobachtung
$6^h\ 0^m$	1360°	Die Flüssigkeit fließt seitlich ab.
$6^h\ 5^m$	1365°	Gasporen durchbrechen die Flüssigkeit.
$6^h\ 10^m$	1370°	
$6^h\ 15^m$	1380°	
$6^h\ 26^m$	1390°	Der Flüssigkeitsgrad nimmt zu.
$6^h\ 25°$	1410°	Alles ist flüssig und die Beweglichkeit der Flüssigkeit nimmt zu.

Bei 1400° ist also schon ein gewisser Flüssigkeitsgrad vorhanden. Während also bei 1320° der Schmelzprozeß schon merklich ist, ist bei 1350° alles amorph und bei 1400° schon flüssig; ich kann demnach meine früheren Mitteilungen über die Viskosität des Leucits dahin ergänzen, daß bei 1410° diese schon merklich abgenommen hat und das seinerzeit punktiert gezeichnete Kurvenstück jedenfalls eher etwas steiler zu ziehen ist. Ich kann meine früheren Beobachtungen über den Schmelzpunkt des Leucits nur bestätigen; derselbe ist zwischen 1290 und 1355° gelegen.

Bei rascher Abkühlung wurde zwischen 1250 und 1190° Kristallbildung wahrgenommen, doch erstarrte die Masse vorwiegend glasig.

Die Resultate der Beobachtungen sind also: Die Plagioklase (wie auch Leucit) haben keinen scharfen Schmelzpunkt. Man hat ein großes Intervall zu unterscheiden, dessen unterer Punkt, der Schmelzbeginn, 60 bis 100° unter dem oberen Punkt, demjenigen, bei welchem die feste Phase verschwunden ist, liegt. Definiert man den Schmelzpunkt als einen solchen, bei dem beide Phasen noch gleichmäßig vorhanden sind, so kann man die in Fig. 5 erhaltenen mittleren Schmelzpunkte (punktierte Linie) annehmen.

In beistehender Zeichnung sind die Resultate der jetzigen Untersuchung dargestellt. Es sind eingezeichnet:

I. Beginn des Schmelzens (untere Kurve),
II. Stadium des vollständigen Verschwindens der kristallisierten Phase (oberste Kurve),
III. mutmaßlicher mittlerer Schmelzpunkt (mittlere Kurve).

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Was die künstlichen Plagioklase anbelangt, so war es mir bisher nicht möglich, eine ausgedehnte Untersuchung dieser vorzunehmen.

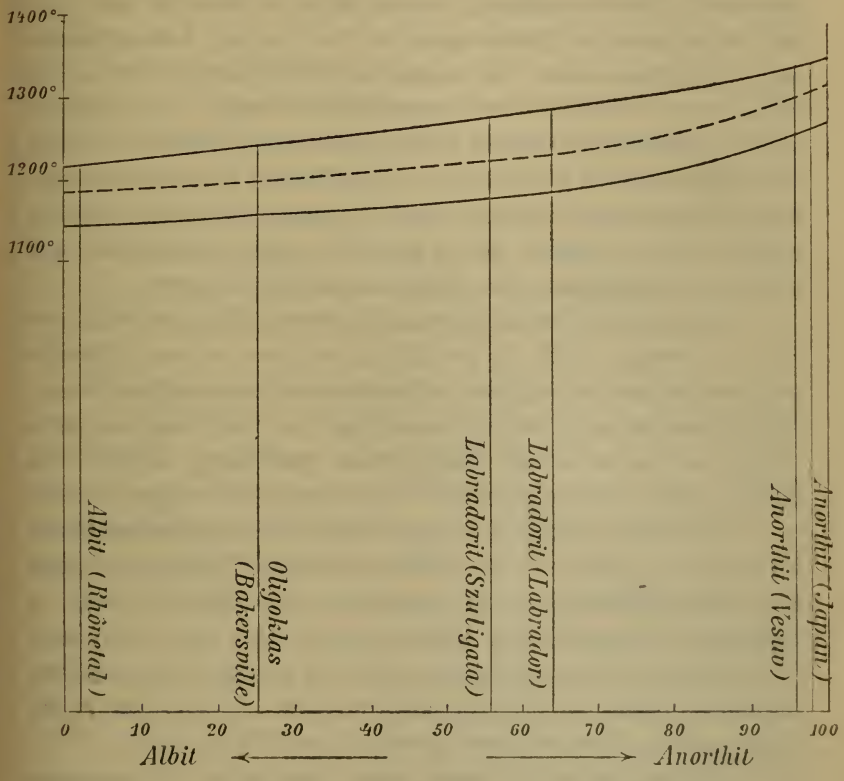

Fig. 5.

	Beginn des Schmelzens	Flüssige und feste Phase	Keine feste Phase
Albit, Rhônetal	1135°	1165°	1210°
Oligoklas, Bakersville	1160	1200	1240
Labradorit, Szuligata	1185	1225	1275
Labrador	1185	1220	1270
Anorthit, Vesuv	1255	1290	1330
Japan.....	1260	1310	1340

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

II. Die Schmelzpunkte der Augit-Labradoritmischungen.

Diese Reihe wurde von mir in »Silikatschmelzen, I«,[1] behandelt. Dabei ergab sich das auffallende Resultat, daß trotz der naheliegenden Schmelzpunkte der beiden Komponenten Augit und Labradorit die eutektische Mischung nicht in der Mitte, etwa zwischen den Komponenten, liegt, also ungefähr gleichen Mengen derselben entspricht, wie die Theorie verlangt und wie man sie aus der van 't Hoff'schen Formel unter Anwendung der Berechnungen Vogt's erhalten würde. Die Gründe, warum sich die Kurve derart abnorm verhält, besprechen wir unten bei Betrachtung der eutektischen Mischungen.

Um aber die Behauptung, daß der eutektische Punkt in einem derartigen Falle in der Mitte zwischen beiden Schmelzpunkten gelegen sein müsse, obgleich vom theoretischen Standpunkt bereits der Einwand berechtigt ist, daß dies nur dann richtig ist, wenn keine Dissoziation stattfindet, objektiv zu prüfen, habe ich die erwähnte Reihe nochmals vorgenommen.

Ich wählte damals die in größeren Mengen beschaffbaren Vorkommen Augit vom Monti Rossi als einen Typus der Augite aus Eruptivgesteinen und Labradorit von Kiew; da die in Gesteinen vorkommenden Komponenten auch nicht rein sind, so schien es mir der Analogie halber mit natürlichen Gesteinen richtiger, solche zu nehmen, als etwa die idealen, aber in der Natur nicht vorkommenden theoretischen Mischungen.

Übrigens habe ich auch aus chemischen Mischungen solche theoretische Silikate herstellen lassen, um sie mit den Vorkommen in der Natur zu vergleichen.

Ich hatte anfangs nur diejenigen Schmelzpunkte bestimmt, welche die mechanischen Mischungen der Komponenten, dann die zu Glas geschmolzenen homogenen Mischungen ergeben, und dabei die untere und die obere Grenze des Schmelzintervalles berücksichtigt. Nun wurden auch die Erstarrungspunkte, und zwar die oberen und unteren gemessen, ferner wurden die Schmelzpunkte der bereits einmal erstarrten

[1] Diese Sitzungsberichte, Bd. 113 (1904).

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Schmelze beider Komponenten nochmals bestimmt. Man erhält auf diese Weise vier Kurven, die jede aus zwei bestehen, wenn man immer den unteren und den oberen Schmelz-, respektive Erstarrungspunkt mißt.

Ich habe nun die Labradorit-Augitreihe dahin vervollständigt, daß ich zu den früher erwähnten Bestimmungen auch noch die der Erstarrungspunkte und die der Schmelzpunkte bereits erstarrter Mischungen vornahm; denn aus meinen früheren Arbeiten und jenen meiner Schüler ergibt sich, daß die Mischungen von Mineralpulvern oft keine charakteristischen Kurven ergeben. Um aber jedem Einwande zu begegnen, es läge hier keine innige Mischung vor, habe ich die zu Glas geschmolzenen Mineralmischungen erstarren lassen und dann von diesem ganz innigen Gemenge die Schmelzpunkte bestimmt.

Es ist zu erwarten, daß dabei das Korn einen wenn auch geringen Einfluß hat, obgleich auch bei den Mineralpulvern das feinste erreichbare Korn durch Passieren eines Beuteltuches angewandt worden war. Bei den bereits zusammengeschmolzenen und wieder erstarrten Mischungen kann aber ein feineres Korn erhalten werden.

Bei Labradorit-Augit ergab sich, daß die Schmelzpunkte kristalliner Mischungen um 10 bis 20° höher sind als jene, welche man erhält, wenn man aus der Schmelze die Kristalle erstarren läßt und dann diese kristallinisch gewordene Masse wieder erhitzt und den Schmelzpunkt neuerdings bestimmt. Diese Erniedrigung dürfte aber damit zusammenhängen, daß jene Schmelze niemals ganz kristallinisch erstarrt, sondern immer Glas enthält und daß sich etwas Magnetit bildet; die bereits erstarrte Schmelze ist also nicht mehr genau eine der Mischung der Anfangskomponenten entsprechende.

Die Schmelzpunkte wurden von mir wiederholt bestimmt und es ergeben sich, wenn man die höchsten Zahlen unter den vielen Messungen auswählt, 1210 bis 1220° für Labradorit, 1190° für Augit, die Verflüssigungspunkte sind 1245° für ersteren, 1200° für letzteren. Selbstverständlich gelten diese Zahlen nicht für alle Labradorite und Augite. Der betreffende Plagioklas liegt den Analysen zufolge zwischen Ab_1An_1 und

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Ab_2An_3 und dürfte dem Verhältnisse Ab_3An_1 entsprechen. Doch ist er kein reiner Feldspat, da er Einschlüsse enthält ebenso wie der Augit; außerdem enthält er wie alle natürlichen Labradorite etwas Kali infolge isomorpher Beimengung, was aber nicht als Unreinheit aufzufassen ist.

Außer den Schmelzpunkten der Mineralgemenge (1) und jenen der bereits zusammengeschmolzenen und wieder erstarrten Gemenge habe ich die Erstarrungspunkte der wichtigsten Mischungen neu bestimmt. Dies geschah derart, daß diese in einem Gasofen geschmolzen, dann in einen elektrischen Ofen, dessen Temperatur möglichst konstant gehalten wurde und ungefähr 150° unter dem Schmelzpunkt des Gemenges gelegen war, rasch übertragen wurde und bei eingestecktem Thermoelement (ohne Schutzrohr) die Abkühlung der Schmelze beobachtet wurde. Der Endpunkt der Erstarrung wurde aber auch direkt geprüft, indem der Punkt notiert wurde, bei dem die Schmelze vollständig erstarrt war; dieser Punkt läßt sich leicht daran bestimmen, daß eben die Schmelze vollkommen hart ist.

Bei den Erstarrungspunkten darf aber nicht vergessen werden, daß der untere Punkt niemals ganz verläßlich ist, weil er von der Unterkühlung abhängt, welche wieder von mehreren Faktoren abhängig ist.

Die Resultate der jetzigen und früheren Untersuchung stelle ich hier zusammen. Hiebei wurde für die kristallinen Mineralgemenge das Mittel genommen, weil hier der obere Schmelzpunkt, bei welchem die letzten Kristalle verschwinden, überhaupt nicht zuverlässig bestimmt werden kann. Ich habe außer den früher untersuchten Mischungen auch die Mischung 3 Augit und 1 Labradorit und 3 Labradorit, 1 Augit untersucht.

Aus den Beobachtungen geht hervor, daß der eutektische Punkt ungefähr bei 25 Augit, 75 Labradorit liegt und daß bei hohem Augitgehalt (75%) wieder eine kleine Erniedrigung stattfindet; auch zeigt sich, daß die Kurven, sowohl die der Schmelzpunkte der Gläser als die der Erstarrungspunkte, ziemlich flach verlaufen, was auf Unregelmäßigkeiten durch Dissoziation und vielleicht auch durch Bildung isomorpher Mischkristalle schließen läßt.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Was die Ausscheidungsfolge anbelangt, so hat die eutektische Mischung keine vorwiegende Bedeutung für dieselbe, trotzdem gerade hier eigentlich eine solche zu erwarten wäre, denn die Kristallisationsgeschwindigkeit beider ist nicht so sehr verschieden, aber wir haben offenbar Ausscheidung im unterkühlten Zustande, daher labiles Gleichgewicht und dann kann sich bald die eine, bald die andere Komponente früher ausscheiden.

Im allgemeinen beobachtet man aber doch, daß der Augit eher sich ausscheidet und daß dort, wo der Labradorit stark überwiegt, gewöhnlich Einschlüsse von Augit in Labradorit sich bilden, während oft nach der Labradoritausscheidung noch die von Augit anhält. Selten sind die Fälle, wo bei überwiegendem Augit die Reihenfolge Augit-Labradorit-Augit eintritt, welche einem labilen Gleichgewicht entsprechen würde.

Dem Einwurfe Vogt's, welcher meine Ausscheidungsregel (die mit der von Rosenbusch aufgestellten übereinstimmt) deswegen bekämpft, weil die eutektischen Punkte nicht durch die Schmelzpunkte kristalliner Mischungen, sondern durch die der Gläser bestimmt waren, kann ich jetzt entgegensetzen, daß mit Ausnahme des störenden Falles der Unterkühlung auf dem untersten Erstarrungspunkt die Schmelzkurven der Gläser jenen der Erstarrungspunkte parallel gehen, daß also die Schmelzpunkte der Gläser nicht ohne Wert sind, wie J. H. Vogt meinte. In anderen recht zahlreichen Fällen habe ich aber nach seiner Methode die eutektische Mischung berechnet und dabei konstatieren können, daß die Ausscheidungsfolge jedenfalls nicht von dieser allein abhängt, wie Vogt glaubte.

Aus verschiedenen Bestimmungen des eutektischen Punktes Pyroxen-Plagioklas geht hervor, daß dieser für verschiedene chemische Zusammensetzung des Pyroxens und des Plagioklases sehr verschieden ist; die entsprechenden eutektischen Mischungen haben folgenden Wert:

Tonerde-Augit (Monti Rossi)-Labradorit (Kiew) . . . . . 75 : 35
Diopsid (Nordmarken)-Labradorit (Kiew) . . . . . 50 : 50
Hedenbergit-Anorthit (Pizmeda) . . . . . 83 : 17
Diopsid ($CaMgSi_2O_6$)-Anorthit ($CaAl_2Si_2O_8$) . . . . . 70 : 30

	Schmelzpunkt von Mineralgemengen	Schmelzpunkt erstarrter kristalliner Schmelzen	Schmelzpunkt der Gläser	Erstarrungspunkt der Schmelzen	
				oberer	unterer
Labradorit	1210 bis 1220°	—	—	—	1070°
90 Labradorit, 10 Augit	1280 » 90°	1175 bis 1190°	1120 bis 1135°	—	—
83,34 Labradorit, 16,66 Augit	1180 » 1190°	1175 » 1195°	1080 » 1100°	1080°	1030°
75 Labradorit, 25 Augit	—	1160 » 1185°	1070 » 1110°	1025°	985°
66,66 Labradorit, 33,34 Augit	1190 » 1200°	—	1090 » 1140°	1060°	1010°
50 Labradorit, 50 Augit	1185 » 1195°	1075 » 1190°	1120 » 1140°	1160°	1150°
33,34 Labradorit, 66,66 Augit	—	1170 » 1180°	1130 » 1170°	1100°	1010°

Digitised by the Harvard University. Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

25 Labradorit 75 Augit	1175 » 1200°	1170 » 1190°	1140 » 1165°	—	—
20 Labradorit 80 Augit	—	1170 » 1195	—	1090°	1020°
16,66 Labradorit 83,34 Augit	1185 » 1190°	1180 « 1195	1160 » 1175°	1130°	—
9,1 Labradorit 90,9 Augit	1190 » 1200°	—	1160 » 1180°	—	—
4,5 Labradorit 95,5 Augit	1180 » 1200°	—	1180°	—	—
Augit	1185 » 1200°	—	1175°	1185°	1100°

Digitised by the Harvard University. Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Im allgemeinen enthält die eutektische Mischung mehr Pyroxen als Plagioklas, trotzdem der Schmelzpunkt des letzteren höher ist als der des ersteren.

Da aber die verschiedenen Plagioklase und Pyroxene sehr große Schmelzpunktsdifferenzen zeigen, welche vielleicht 100° überschreiten, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß

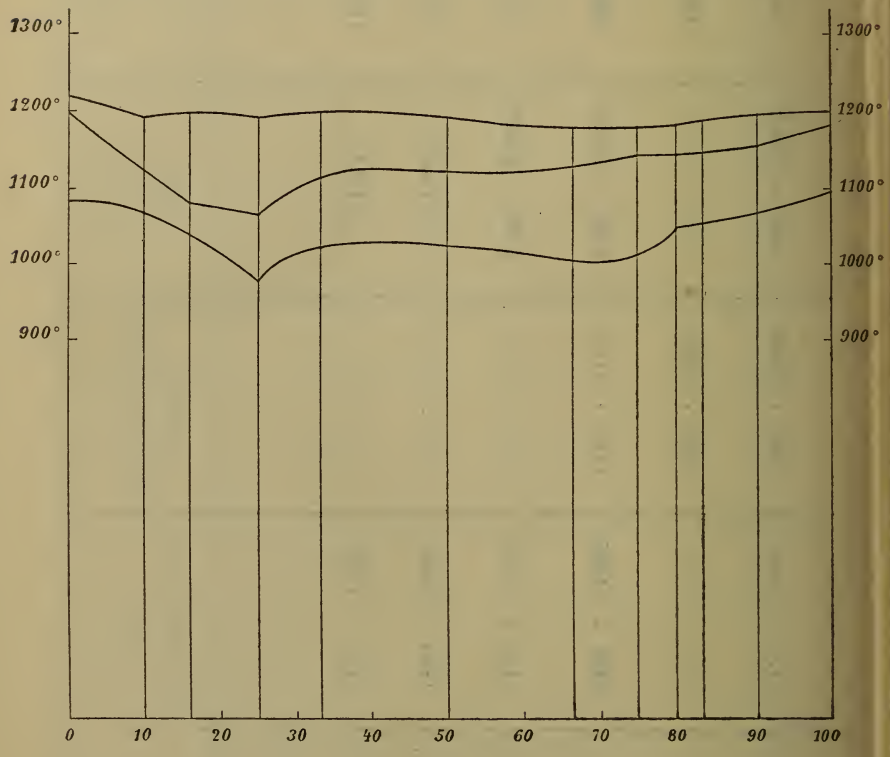

Fig. 6.

das eutektische Verhältnis der beiden Komponenten ungemein wechselt und daß es bald in der Nähe des Pyroxens, bald in der Nähe des Plagioklases liegt.

Wollte man also auf die Gesteine jene eutektischen Mischungen anwenden, so hätte man überdies durch Gegenwart dritter Komponenten noch weitere Schwankungen und man käme zu dem Resultat, daß für die Kombination Pyroxen-Plagioklas die eutektische Mischung zwischen 80 und 20 einerseits, zwischen 50 und 50 andrerseits liegt.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

In Fig. 6 stellt die obere Kurve die Schmelzpunkte der Kristallgemenge, die mittlere Kurve die unteren Erweichungspunkte des Glases, die untere Kurve die Erstarrungspunkte dar.

Wir wissen nun, daß bei Plagioklas-Pyroxengesteinen (die aber immer noch eine dritte und vierte Komponente aufweisen) zumeist der Pyroxen zuerst auftritt, und dies ist nach den zahlreichen Versuchen, die ausgeführt wurden, zumeist der Fall; aber es kommt auch vor, daß unbeschadet des Mengenverhältnisses bald das eine, bald das andere zuerst sich ausscheidet. Solche Fälle habe ich mitunter bei der Kombination Augit-Labradorit-Magnetit beobachtet; die Ursache liegt wahrscheinlich in der Unterkühlung; in stark unterkühlten Schmelzen bildet sich bald die eine, bald die andere Komponente zuerst. Diese Unterkühlung wird auch dort von der größten Wichtigkeit sein, wo, wie bei Basalten, der Plagioklas sich zuerst abscheidet. Daneben kann auch immer noch das Mengenverhältnis wirken, also wahrscheinlich wirken mehrere Faktoren.

Bei diopsidartigen Pyroxenen, bei Natronaugiten bewirkt auch das kleinere Kristallisationsvermögen die spätere Ausscheidung, bei leicht schmelzbaren Natronaugiten überdies auch der Schmelzpunkt, da kein Körper sich über seinem Schmelzpunkt ausscheiden kann.

III. Beobachtungen eutektischer Mischungen unter dem Mikroskop.

Meine früheren Beobachtungen der Erstarrung von Mineralgemengen unter dem Mikroskop habe ich fortgesetzt und bei dieser Beobachtungsreihe namentlich mit Mischungen künstlicher Gemenge gearbeitet, wobei sowohl mit zwei als auch mit drei Komponenten experimentiert wurde.

1. Mischung von 70 Diopsid und 30 Anorthit.

Diese Mischung entspricht nach einer unveröffentlichten Arbeit des Herrn cand. Freis der eutektischen, sie hat die niedrigsten Schmelz- und Erstarrungspunkte.

2. Mischung von 70 Diopsidsilikat und 30 Anorthitsilikat.

Die Mischung hat die Zusammensetzung 70 $CaMgSi_2O_6$ und 30 $CaAl_2Si_2O_8$. Der Schmelzpunkt des Glases liegt bei

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

1160 bis 1290°. Es wird von 1210° an abgekühlt. Die Schmelze wird so dünnflüssig, daß sie vollkommen wasserhell erscheint.

Bei 1160° bilden sich plötzlich zahlreiche kleine, wasserhelle Mikrolithe, welche Diopsid sind.

Bei 1150° größere, stark brechende Diopsidnadeln mit Anorthit.

Bei 1145° Fortsetzung der Ausscheidung.

Bei 1140° fest. Zwischen den Kristallen liegt Glas.

Das Intervall ist hier also ein kleines. Anorthit war wenig entstanden, er steckt zumeist noch im Glas.

3. Mischung von 60 Diopsid und 40 Anorthit.

Das Schmelzpunktsintervall liegt bei 1205 bis 1250°, die Maximaltemperatur war 1265°. Bei der Abkühlung von 1265° auf 1165°, welche 35 Minuten dauerte, ergab sich folgendes:

1200° Beginn der Kristallausscheidung. Diopsid.

1190° starke Ausscheidung von Diopsid (kleine Nadeln).

1185° noch etwas Diopsid.

1185° Anorthit.

1180° Anorthit und Diopsid.

1170° kleine Nadeln von Anorthit.

1165° keine weiteren Ausscheidungen.

1160° alles ist fest, die Schmelze enthält noch viel Glas.

Bei der nachträglichen mikroskopischen Untersuchung ergab sich, daß die Schmelze ein filzartiges Gemenge von Diopsid mit wenig Anorthit darstellte, dazwischen war noch viel Glas.

4. Mischung von Diopsid-, Olivin- und Anorthitsilikat im Verhältnis 60·8 : 26·1 : 13.

Es waren hier die Silikate $CaMgSi_2O_6$, $\left\{\begin{matrix} Mg_2SiO_4 \\ FeSiO_4 \end{matrix}\right\}$ und $CaAlSi_2O_8$ angewendet worden; erstere beide stehen im Verhältnis 70 : 30, welches das eutektische ist. Der Schmelzpunkt des Glases ist 1190 bis 1230°. Nachdem auf 1270° erhitzt worden war, wird abgekühlt.

Bei 1205° bilden sich Olivinnadeln.

» 1195° ebenso mit etwas Diopsid.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Bei 1190° bildet sich Diopsid und wenig Anorthit.
» 1185° ebenso.
» 1180° noch Diopsidbildung.
» 1170° alles fest.

Es ergab sich ein Gemenge von Olivin und Diopsid mit wenig Anorthit und Glas.

5. Mischung von 72 Albitsilikat, 18 Olivinsilikat und 10 Nephelinsilikat.

Die Silikate entsprechen den Mischungen $NaAlSi_3O_8$, $\left\{\begin{matrix}7\,Mg_2SiO_4\\Fe_2SiO_4\end{matrix}\right\}$, $K_2Na_6Al_8Si_9O_{34}$. Schmelzpunkt zwischen 1080 und 1120°.

Die erste Ausscheidung beginnt bei 1180°, es sind Olivinskelette. Bei 1060° bilden sich noch diese und Nephelin. Bei 1050° starke Nephelinausscheidung in Skeletten. Bei 1040° ist diese noch nicht ganz beendet, während bei 1030° alles fest ist, wobei noch viel Glas übrig bleibt.

6. Mischung von Diopsid-, Olivin- und Nephelinsilikat im Verhältnis 78·3 : 8·7 : 13·0.

Es war hier der Mischung 90 Diopsid zu 10 Olivin 15 Teile Nephelin zugesetzt worden, woraus sich dann obiges Verhältnis ergab. Angewendet wurden Mischungen, entsprechend der Zusammensetzung $CaMgSi_2O_6$ für Diopsid, Mg_2SiO_4 für Olivin und $K_2Na_6Al_8Si_9O_{34}$ für Nephelin. Der Schmelzpunkt des Glases liegt zwischen 1150 und 1210°.

Nachdem auf 1280° erhitzt worden war, erfolgte die erste Ausscheidung bei 1060°; es schienen zuerst einzelne Olivinmikrolithe sich abzuscheiden, dann aber fast gleichzeitig massenhaft Diopsid, der auch bis zur Abkühlung auf 1040° noch sich ausscheidet. Bei 1020°, vielleicht bei 1010° ist alles fest. Nephelin hatte sich nicht abgeschieden.

7. Mischung von gleichen Teilen Diopsid- und Nephelinsilikat.

Die Silikate haben die Zusammensetzung $CaMgSi_2O_6$ und $K_2Na_6Al_8Si_9O_{34}$. Der Schmelzpunkt liegt zwischen 1000 und

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

1050°. Nachdem die Schmelze auf 1095° erhitzt worden war, wurde sie langsam abgekühlt.

Bei 1000° bilden sich einzelne Diopsidkristalle.

» 990° stärkere Ausscheidung.

» 960° Diopsid neben Nephelin.

» 955° Nephelinskelette.

» 950° Erstarrung des restlichen Glases.

8. Mischung von 10 Anorthit, 27 Olivin und 63 Orthoklas.

Hiebei wurden nicht die Mineralien, sondern künstliche Mischungen, entsprechend $10\,CaAl_2Si_2O_8$, 27 Teile einer der Olivinzusammensetzung $\left\{\begin{matrix}7\,Mg_2SiO_4\\Fe_2SiO_4\end{matrix}\right\}$ entsprechenden Verbindung und 63 Teile $KAl_2Si_3O_8$ verwendet.

Der Schmelzpunkt der glasigen Mischung liegt zwischen 1140 und 1170°. Bei der Abkühlung bildeten sich erst bei 1120° Kristalle von Olivin, zumeist skelettartige, nämlich unter 90° sich schneidende, sehr lange Nadeln; bei 1100° findet eine Ausscheidung von Anorthit statt, die sich bis 1090° fortsetzt. Es erscheinen noch radialfaserige Gebilde bei 1085°, die nach der späteren Untersuchung sich als Orthoklase herausstellten. Von 1080 bis 1070° wird das Glas starr.

Hier hat sich also Orthoklas gebildet, ein seltener Fall, der aber durch die Abnahme der Viskosität erklärlich ist, der wenig viskose Olivin wirkt als »Kristallisator«. Ähnliches hatte ich schon früher beobachtet und Lenarčič hatte ebenfalls Albit durch Zugabe von Magnetit erhalten.

Nachtrag zu p. 14. Durch Prof. F. Becke erhielt ich Labradorit von St. Rafael (Var), welcher bei 1190° zu schmelzen beginnt und bei 1260° glasig zähflüssig ist.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Tafelerklärung.

Tafel I.

Aufnahmen unter dem Kristallisationsmikroskop gemacht.

1. Anorthit von Japan, zum Teil geschmolzen, bei 1310° aufgenommen.
2. Anorthit, geschmolzen, aufgenommen bei 1360°.
3. Labradorit von Labrador, bei 1250° aufgenommen.
4. Labradorit von Labrador, bei 1270° aufgenommen.
5. Labradorit, geschmolzen und bis 1200° abgekühlt, bei 1200° aufgenommen.

Tafel II.

1. Anorthit von Japan, geschmolzen, bis 1360° erhitzt und abgekühlt.
2. Anorthit vom Vesuv, bis 1350° erhitzt und abgekühlt.
3. Anorthit von Japan, bis 1360° erhitzt und abgekühlt (2. Versuch).
4. Anorthit von Japan, vor dem Versuch aufgenommen.
5. Labradorit von der Szuligata, auf 1260° erhitzt und wieder abgekühlt.